

VAKGROEP HUMANE VOEDING

BIOTECHNION

De Dreijen 12

6703 BC Wageningen

doc. kamer 320

# LITERATUURSTUDIE OVER ONDERZOEKSMETHODEN NAAR LICHAAMSSAMENSTELLING

J.G.A.J. Hautvast

W.H.M. Saris



VAKGROEP HUMANE VOEDING

Inhoud

Inleiding	1
1. Lichaamsafmeting en lichaamssamenstelling	2
1.1. Lichaamsafmeting ("Body Build")	2
1.1.1. Somato-typologie	2
1.1.2. Anthropometrische benaderingswijze	3
1.1.3. Samenvatting	5
1.2. Lichaamssamenstelling ("Body Composition")	6
1.2.1. Normaal gewicht	6
1.2.2. Ideaal gewicht	6
1.2.3. Overgewicht	7
1.2.4. Methoden voor de bepaling van de lichaamssamenstelling	7
1.2.5. Densitometrie	8
1.2.6. Verdunningsmethoden	10
1.2.7. Radiologische methoden	11
1.2.8. Diskussie	12
1.2.9. Anthropometrische benaderingswijze	13
1.2.10. Diskussie	15
1.2.11. Samenvatting	15
2. Energiestofwisseling, lichamelijke activiteit en lichaamssamenstelling	17
3. Voeding en lichaamssamenstelling	19
3.1. Gewichtsafname als gevolg van vermageringsdiëten	19
3.2. Aanbevolen hoeveelheden calorieën en nutriënten	19
4. Methoden van onderzoek naar lichaamssamenstelling, die toegepast kunnen worden bij kinderen van 4-12 jaar in het kader van het G.V.O.-projekt.	21
4.1. Individuele en groepsbelasting bij onderzoek naar de lichaamssamenstelling	21
4.2. Reproduceerbaarheid en statistische verwerkbaarheid	21
4.3. Plaats van onderzoek	21
4.4. Onderzoekstijd	22
4.5. Financiën	22
4.6. Konklusies	22
5. Literatuur	23

## Inleiding

De verschillen in de lichaamssamenstelling tussen individuen zijn groot en zijn de resultante van interacties tussen genetische factoren, gedragsfactoren zoals lichamelijke aktiviteit en factoren welke van buitenuit op het lichaam inwerken.

De voornaamste van deze exogene factoren is de voeding.

De studie van de lichaamssamenstelling kan een belangrijke bijdrage leveren bij de bestudering van de relatie tussen deze factoren om zo tot een beter inzicht te komen over de biologie van de mens. Williams (1958) omschreef het als volgt: "The importance of the analysis of body composition lies in the fact that it is capable of leading the way toward a better understanding of human difference". Nieuwe studies op het gebied van de lichaamssamenstelling hebben tot doel een duidelijker beeld te krijgen van de veranderingen in de lichaamssamenstelling tijdens gezondheid en ziekte.

De doelstelling om tot een gezond leef- en eetgedrag te komen, zoals deze geformuleerd is in het kader van het GVO projekt (1971) vereist fundamentele studie van de lichaamssamenstelling.

Het meten van veranderingen in de lichaamssamenstelling zal waarschijnlijk een goede parameter zijn om wijzigingen in het leef- en eetgedrag vast te stellen, die door adequate G.V.O. onderwijsprogramma's geïnduceerd worden.

Allereerst zal worden ingegaan op de methode van onderzoek en de huidige opvattingen met betrekking tot dit onderwerp.

Daarna wordt in het kort aandacht besteed aan de toepassingsmogelijkheden op het gebied van lichamelijke aktiviteit en voeding. Tenslotte zullen aan de hand van enkele criteria aanbevelingen gedaan worden over de methoden die het meest geschikt zijn om gebruikt te worden binnen het G.V.O.-projekt.

## 1. Lichaamsafmeting en lichaamssamenstelling

Ondanks het feit dat reeds in de 17de en 18de eeuw aan lichaamsmetingen werd gedaan kan gesteld worden dat de golf van nieuwe vindingen op het gebied van lichaamsbouw en -samenstelling vooral plaats heeft gevonden in de laatste 20 jaar.

Een belangrijke impuls voor onderzoek op dit gebied was het overzichts-artikel van Keys en Brožek in 1953.

Zij maken onderscheid tussen "Body Composition" en "Body Build".

1. Onder "Body Build" verstaan zij: de relatie van de verschillende somato-typologische kenmerken van de lichaamsbouw tot het lichaams-gewicht.
2. Onder "Body Composition" verstaan zij: de verdeling van het menselijk lichaam in de verschillende componenten zoals: vetmassa, spiermassa, enz.

Achtereenvolgens zal aandacht besteed worden aan de bovengenoemde aspecten van het menselijk lichaam.

### 1.1. Lichaamsafmeting ("Body Build")

De lichaamsbouw kan bestudeerd worden door gebruik te maken van anthropometrische technieken. Deze benaderingswijze is vaak onbevredigend zoals ook uit het volgende citaat van Keys en Brožek (1953) blijkt: "the physical anthropologists have been concerned principally with the problem of body form and have developed an endless array of anthropometric indexes; their very multiplicity may be taken as an indicator of a failure to solve the problem of body build in a satisfactory manner".

Een andere methode om de lichaamsbouw vast te leggen is door middel van somato-typering. Hierbij wordt in de veelheid van uiterlijke verschijningsvormen een bepaalde ordening aangebracht waarbij het noodzakelijk is dat onafhankelijke vormfactoren van elkaar worden onderscheiden.

#### 1.1.1. Somato-typologie

De somato-typologische methode om de lichaamsbouw vast te leggen is vooral ontwikkeld door Sheldon (1954). Hij onderscheidt in het lichaam drie primaire vormen:

- Endomorfie
- Mesomorfie
- Ektomorfie

Deze drie primaire componenten zouden (vlgs. Sheldon) in relatie staan met de drie embryonale kiembladen: endoderm, mesoderm en ektoderm. Hoe zijn deze drie typen omschreven?

**Endomorf:** Hierbij overheersen de zachte en ronde vormen. De romp is volumineus en de buik overheerst.

**Mesomorf:** Hierbij zijn het skelet, de spieren en het bindweefsel sterk ontwikkeld. De hoekige vormen overheersen hier.

**Ektomorf:** Deze wordt gekenmerkt door een lange tengere bouw. In relatie tot het gewicht heeft deze vorm het grootste lichaamsoppervlak.

Interessant is hierbij nog te vermelden dat vlgs. Sheldon bij sterke verandering van de voedingstoestand (bijv. ondervoeding) het somatotype niet veranderd kan worden.

De gegevens voor de typologie vlg. Sheldon worden verkregen door bestudering van foto's. Van deze foto's kunnen anatomische maten en verhoudingen gemeten worden. Gestandaardiseerde fotografische technieken zijn voor vergelijkbaarheid der uitkomsten noodzakelijk. Over de vraag of hier werkelijk sprake is van drie orthogonale vormkenmerken zijn studies bekend die dit betwijfelen (Damon e.a. (1962), Newman (1962), Seltzer e.a. (1964)). Het blijkt volgens deze auteurs dat de endomorfie en ektomorfie in principe uit éénzelfde continue verdeling afkomstig zijn en hiervan de uiteinden karakteriseren. De mesomorfie blijkt een andere dimensie te vertegenwoordigen. Keys en Brožek (1953) formuleerden het kernachtig: "Although the trinity of body build components - endomorphy, mesomorphy and ectomorphy - has undoubtedly the appeal of simplicity and apparent profoundness, Sheldon's attempt to base a system for the description of body build on the three primary embryonic layers neither conforms to embryological or to experimental facts and only leads to conceptual confusion".

Toch is het steeds weer aantrekkelijk gebleken een lichaamstypologie te gebruiken in relatie met anthropometrische parameters. Parnell (1952, 1954) heeft talrijke verbanden tussen lichaamstype en anthropometrische maten bestudeerd. Zijn methode is gebaseerd op 9 lichaamsmaten. De endomorfie wordt geschat aan de hand van 3 huidplooiën. De ectomorfie wordt met behulp van de "Ponderal index" ( $\text{ lengte} / \sqrt{\text{gewicht}}$ ) weergegeven. De mesomorfie wordt geschat aan de hand van enkele skeletbreedtes en omtrekmaten. Men onderkent in deze benadering al duidelijk de meer moderne opvattingen betreffende lichaamssamenstelling. In 1964 introduceerde Parnell een nieuwe methode waarbij de bovengenoemde drie primaire componenten vervangen worden door twee factoren nl. een vetfactor en een "lean"factor.

Seltzer (1959) heeft de typologie vlg. Sheldon uitgebreid met de component "body disproportion".

Als parameter wordt hier de verhouding van twee lichaamsmaten ingevoerd. Er is sprake van een "disproportion" wanneer een lichaamsmaat in relatie tot een andere relatief zeer groot of zeer klein is.

In principe kan deze methode weinig klaarheid brengen in de fundamentele problemen. Het werken met "disproportion" is in feite het werken met een meer gedifferentieerd systeem in de uiteinden van de eerder genoemde continue verdeling.

Hieronder zal blijken dat de methode vlg. Sheldon door moderne technieken met name geavanceerde statistische methoden achterhaald is, waardoor algemene toepassing grotendeels is komen te vervallen. (Dit temeer omdat het een arbeidsintensieve methode is.)

#### 1-1-2 Anthropometrische benaderingswijze

In het voorafgaande is reeds het werk van Parnell (1964) geciteerd die aan de hand van 9 anthropometrische maten tot een eenvoudige typering trachtte te komen.

Belangrijk voor de verdere ontwikkeling op dit gebied was het werk van Lindegard (1953).

Hij ging van de volgende 4 factoren uit:

- lengtefactor; als maat voor de lichaamsgrootte,
- sturdiness factor; als maat voor de breedte van het skelet,
- spierfactor,
- vetfactor.

Duidelijk komt in deze indeling niet alleen de lichaamsafmeting, maar ook de onderlinge verhouding van de weefsels naar voren.

De belangrijkheid van de vier factoren wordt berekend op basis van de gemiddelden en standaardafwijkingen van een normale referentiegroep, welke statistisch getransformeerd worden met behulp van de zgn. z-waarde volgens Fisher.

Lindegard korreleert zijn factoren met de typen volgens Sheldon.

De endomorfie, gekorreleerd met de vetfaktor, geeft een korrelatiekoëfficiënt van  $r = 0,96$  en met de spierfaktor een korrelatiekoëfficiënt van  $r = 0,30$ .

De mesomorfie heeft met de vetfaktor een korrelatiekoëfficiënt van  $r = 0,32$ , met de spierfaktor  $r = 0,29$ , met de lengtefaktor  $r = -0,19$  en met de sturdiessfaktor van  $r = 0,07$ .

De ectomorfie tenslotte geeft een korrelatie van  $r = 0,32$  met de vetfaktor en  $r = 0,21$  met de lengtefaktor.

Lindegard concludeert: "Thus the types appear to be nothing but random combinations of independent factors and their central position in traditional and contemporary somatology seems to lack any biological information".

Van zeer groot belang is het werk van Burt (1943) geweest. Hij introduceerde een faktoranalytische benadering van de anthropometrische gegevens en was hiermee zijn tijd ver vooruit.

De laatste jaren is de betekenis van deze methode pas goed onderkend (Shephard 1969, Lamberts 1969). Bij het verwerken van een groot aantal parameters doen zich problemen voor die met behulp van een faktoranalyse opgelost kunnen worden. In een korrelatiematrix zijn meestal talrijke goede korrelaties aan te wijzen. De betekenis hiervan is vaag. Een aantal van deze korrelaties zullen op toeval berusten of een gevolg zijn van het logische feit dat bijv. een klein persoon kleinere skeletmaten heeft dan een fors gebouw iemand. Een fundamentele relatie tussen 2 parameters kan door deze niet-essentiële relaties verdoezeld worden. Door middel van een faktoranalyse kan men nu een minimaal aantal hypothesen of dimensies vaststellen, welke de relaties tussen grote aantallen empirische variabelen verklaren. Faktoranalyse is dus een zeer geschikte methode om tussen grote aantallen variabelen relaties te leggen.

De theoretische achtergronden van deze methodiek zijn uitstekend beschreven door Lawley en Maxwell (1963) en Morrison (1967).

Burt (1943) en later ook Thurstone (1947) vinden bij de skeletmaten als eerste faktor een grootte-faktor. In de volgende factoren worden in principe gegevens beschreven welke onafhankelijk zijn van de 1ste faktor. Ook Lamberts (1969) vindt bij faktoranalyse van de skeletmaten als 1ste faktor een grootte-faktor en de tweede faktor blijkt een vormfaktor te zijn.

Bij faktoranalyse van de vetmaten (gewicht, huidplooiën) kunnen de volgende factoren aangetoond worden.

De 1ste faktor blijkt de dikte van de subcutane vetlaag te verklaren (47% van de totale variantie). De tweede faktor in deze reeks beschrijft de grootte-faktor en aangezien deze onafhankelijk is van de eerste moet er dus sprake zijn van de vetvrije massa.

Door deze deduktieve methode kan men dan ook konkluderen dat een verdeling in skeletmassa, spiermassa en vetmassa een beter inzicht geeft in de lichaamsafmeting en-samenstelling dan de typologie zoals die door Sheldon en vele anderen beschreven is.

In de volgende paragrafen zal deze indeling in factoren gebruikt worden bij de bespreking van de lichaamssamenstelling. Speciaal zal er aandacht worden geschonken aan de relatieve vetmassa, welke voor dit onderzoek van belang is.

### 1-1-3 Samenvatting

Aan de hand van het overzichtsartikel van Keys en Brožek (1953) worden de begrippen "Body Build" en "Body Composition" gedefinieerd.

"Body Build": De samenhang van de verschillende typologische kenmerken van de lichaamsbouw in relatie tot het lichaamsgewicht.

"Body Composition": De verdeling van het menselijk lichaam in de verschillende componenten zoals vetmassa, spiermassa, skeletmassa. enz.

De "Body Build" kan naast de traditionele anthropometrische methoden gemeten worden met behulp van de somato-typering vlg. Sheldon (1953). Deze methodiek heeft vooral tot doel om in de veelheid van verschijningsvormen een bepaalde ordening te brengen.

Hij onderkent drie primaire vormcomponenten: Endomorfie, mesomorfie en ectomorfie.

Vele onderzoekers twijfelen aan de onafhankelijkheid van de drie vormen.

In meerdere publikaties worden modifikaties van deze methodiek gegeven.

Bekend zijn vooral de studies van Seltzer (1959) over een bijzondere vormcomponent: body disproportion.

Interessanter zijn de anthropometrische methoden die beter inzicht geven in de lichaamsafmeting en -samenstelling dan de typologie vlg. Sheldon.

Een belangrijke methodiek op dit gebied is de faktoranalyse. Uit een groot aantal variabelen kunnen enkele orthogonale variabelen of factoren berekend worden. Uit deze orthogonale verdeling in spiermassa, vetmassa en skeletmassa kan men konkluderen dat deze methode een beter inzicht geeft in de lichaamssamenstelling dan de typologische methode van Sheldon. Een voordeel van de faktoranalyse bij de anthropometrische gegevens is dat vaak een interpretatie in biologische termen mogelijk is.

## 1-2. Lichaamssamenstelling ("Body Composition")

De grote belangstelling gedurende de laatste decennia voor overvoeding, met name vetzucht, heeft geleid tot de ontwikkeling van nieuwe onderzoeksmethoden ter bepaling van de hoeveelheid vet in het lichaam. Behnke en Welham (1942) beschreven een onderzoek naar het soortelijk gewicht van volwassen mannen. Hiermee introduceerden zij een nieuwe fundamentele werkwijze en methode in de humane biologie nl. de verdeling van het totale lichaamsgewicht in verschillende funktionele componenten. Lamberts (1969) vermeldt terecht dat het bij de intakte mens onmogelijk is om twee samenstellende componenten te bepalen uit één meting (b.v. s.g.) zonder hypothesen aan te nemen.

Belangrijk voor de verdere analyse van de lichaamssamenstelling bij een proefpersoon is de definiëring van de volgende begrippen: standaardgewicht, ideaal gewicht en, daarmee samenhangend, het overgewicht.

Velen (Keys en Brožek 1953, Siri 1956, Muller 1972) wijzen op het gevaar van het hanteren van deze begrippen zonder duidelijke definitie. Aan de hand van de weinige literatuur die over dit onderwerp beschikbaar is zal getracht worden eerder genoemde begrippen te omschrijven.

### 1-2-1. Normaal gewicht

Vaak wordt aan de hand van een "standaard" gewichtstabel een "normaal gewicht" berekend of de vuistregel van Broca wordt toegepast. Deze houdt in dat het normale lichaamsgewicht evenveel kilogrammen bedraagt als de lengte van de persoon in cm. minus één meter. De gewichtstabellen zijn gebaseerd op leeftijd, lengte en geslacht.

Tegen het gebruik van deze tabellen als norm zijn echter een aantal bezwaren in te brengen. Zij geven gemiddelden van groepen en zijn daarom niet zonder meer van toepassing op individuen. De lengte als enige lichaamsmaat is geen goede maat voor de skeletbouw c.q. lichaamsbouw, gewicht. Muller (1972) definieerde zijn norm op basis van duidelijk omschreven verschillen in lichaamsbouw per lengtegroep waarbij de lichaamsbouw vnl. somatometrisch wordt bepaald aan skeletdimensies (De Wijn en Zaat 1963). Op deze wijze kunnen groepen geformeerd worden en als norm voor het normale gewicht kan het gemiddelde gewicht van een dergelijke groep gebruikt worden. Een beter beeld kan verkregen worden wanneer naast skeletmaten ook omtreksmaten gebruikt worden. Op deze wijze wordt rekening gehouden met zowel skeletmassa als spiermassa bij het bepalen van het "normale gewicht".

### 1-2-2. Ideaal gewicht

Vaak wordt bij het vaststellen van de norm "ideaal" gewicht gewerkt met criteria welke op zichzelf al moeilijk zijn te omschrijven.

Bij toepassing van de criteria zoals maximale levensduur, minimale morbiditeit en mortaliteit, maximaal lichamelijk prestatievermogen of optimaal "levensgenot", kan men zich afvragen of er inderdaad een relatie bestaat tussen het ideaal gewicht en deze factoren.

Muller (1972) noemt het gemiddeld gewicht van de groep der jonge volwassenen ideaal omdat bij deze groep de eerder genoemde criteria zouden gelden.

Maar ook hij zegt dat deze norm aanvechtbaar is.



### 1-2-3. Overgewicht

Algemeen wordt hiervoor aangenomen het aktuele gewicht minus het ideale gewicht.

Muller (1972) definieert ook nog de term overtollig gewicht om verwarring te voorkomen.

Overtollig gewicht: Een te hoog percentage vetmassa van het totale lichaamsgewicht.

Een klassiek voorbeeld van deze verwarring is de situatie die zich voordeed in het Amerikaanse leger waar dienstplichtigen wegens een te hoog overgewicht werden afgekeurd. In feite was hier sprake van een overgewicht aan vetvrije massa, voornamelijk spiermassa.

Een niet juiste interpretatie van het normale gewicht is dus oorzaak van deze verwarring. Bij een goede indeling naar skelet- en spiermassa zoals dit eerder voor normaal gewicht beschreven is, betekent overgewicht een te grote vetmassa. Hierdoor zijn verwarringen in principe uitgesloten en is een definiëring van overtollig gewicht overbodig.

### 1-2-4. Methoden voor de bepaling van de lichaamssamenstelling

Hierbij zal de indeling aangehouden worden welke gebruikelijk is in de literatuur (Keys en Brožek 1953, Muller 1972)

- A. Direkte analyses
- B. Indirekte analyses

Ad. A. Direkte analyse naar de samenstelling van het lichaam is een moeizaam en uiterst onaangenaam werk. Dit is een van de redenen waarom deze methode maar zeer weinig is toegepast (ca. 8 kadavers). Daarbij waren de kadaverlichamen meestal niet gezond en als zodanig niet representatief. Widdowson (Haak et al. 1968) betoogt dat deze werkwijze erg belangrijk is omdat het de enige kwantitatieve methode is en daarmee als referentiemethode kan dienen.

Ad. B. Bestudering van de lichaamssamenstelling van levende individuen is alleen mogelijk via indirecte methoden.

De belangrijkste zijn:

- Densitometrie via Volume- en gewichtsbepaling
  - Hydrostatische of onderwaterweging
  - Waterverplaatsing
  - Luchtverplaatsing
  - He-verdunning
- Verdunningsmethoden
  - Verdunningstechnieken waarmee het totaal lichaamswater of het totaal vet geschat kan worden met behulp van water- of vet-oplosbare stoffen.
- Radiologische Methoden
  - $^{40}\text{K}$ -meting met behulp van whole body counter
  - In vivo aktiveringsanalyse
- Antropometrische Methode
  - Huidplooiemeting

## 1-2-5. Densitometrie

Door een verdeling van het lichaamsgewicht in een vetvrije massa (VVM) en vetmassa (VM) is het mogelijk om d.m.v. densitometrie de onderlinge gewichtsverhoudingen te berekenen. Door direkte metingen is het s.g. van vet bekend (0,9007). Het s.g. van de vetvrije massa is met behulp van de s.g. van de samenstellende componenten te bepalen. Deze bedraagt ongeveer 1,100. Wanneer nu het s.g. van het gehele lichaam bekend is, kunnen hiermee de samenstellende componenten berekend worden.

In de literatuur komt men zowel de term densiteit als soortelijk gewicht tegen. Fysisch gezien is de densiteit massa/volume en wordt uitgedrukt in  $\text{kg.m}^{-3}$ ; s.g. daarentegen is dimensieloos nl. de verhouding van de densiteit  $\times$ /Densiteit  $\text{H}_2\text{O}$  en is gedefinieerd bij een temperatuur van 40°C en 76 cm kwikdruk.

Internationaal bestaan er geen afspraken voor de toe te passen techniek, waardoor vergelijking van de verschillende onderzoeken vaak een moeilijke zaak is.

Een klassiek voorbeeld hiervan is helaas nog steeds de definiëring van het begrip V.V.M. Muller (1972) geeft een goed overzicht van de onduidelijkheid die hierover bestaat.

Door de verschillende interpretaties van het begrip V.V.M. bestaan er verschillen in de Densiteit voor de V.V.M. Het aantal formules welke het percentage vet weergeven aan de hand van de densiteit en het gewicht, zijn dan ook legio. Von Döbeln (1956) geeft hiervan een overzicht. In deze studie zal de definitie van Behnke e.a. (1942) voor V.V.M. en V.M., welke vaak gebruikt wordt, aangehouden worden.

V.V.M. : gewicht lichaam minus gewicht vetweefsel;

V.M. : gewicht vetweefsel.

Aan de hand van deze begrippen is het nu mogelijk het percentage vet te berekenen.

Om het volume van de proefpersoon te meten voor de bepaling van de densiteit kan men op drie manieren te werk gaan:

- Hydrostatische- ofwel onderwaterweging (Behnke e.a. 1942, Durnin e.a. 1967, Pařízková 1961, Shephard e.a. 1969, Sloan 1967, Wilmore e.a. 1969).

Vlgs. de wet van Archimedes is hieruit indirect het volume te berekenen:

Gew. - Gew. onder water = gew. verplaatste hoeveelheid water.

Aan de hand van de densiteit van het water kan nu het volume berekend worden. Dit is afhankelijk van de temperatuur. Keys en Brožek (1953) geven hierover het volgende voorbeeld; een gegeven densiteit van 1.079 bij 20°C is 1.084 bij 36°C. Dit kan bij de "reference man" een verschil geven van 3.3% vet. Helaas wordt deze belangrijke temperatuursfaktor vaak niet vermeld zodat vergelijking niet mogelijk is. Vervolgens zal men moeten corrigeren op het longresiduvolume en de gastro-intestinale gassen.

Eerstgenoemde is met behulp van een verdunningsmethode te meten. De meest gebruikte gassen hiervoor zijn He (Shephard e.a. 1969, Thurstone 1947),  $\text{N}_2$  (Durnin e.a. 1967, Krzywicki e.a. 1967A, Sloan 1967, Wakat e.a. 1971) en  $\text{O}_2$  (Wilmore 1969).

Muller (1972) en de Adipositas werkgroep (1972) vergeleken de uitkomsten van de He-verdunningsmethode met de resultaten welke aan de hand van de tabel van Tammeling (1961) te berekenen zijn. Op basis van geslacht en lengte wordt de totale longkapaciteit geschat. Dit getal minus de te meten vitale capaciteit geeft een benadering van het residuvolume weer.

Korrelaties bleken erg laag te zijn; voor de groep mannen 30-39 jaar  $r = 0,32$  en voor de groep mannen 20-25 jaar  $r = 0,48$ . Dus kan gekonkludeerd worden dat een direkte meting van het residuvolume de voorkeur verdient.

Voor gastro-intestinale gassen wordt meestal een korrektiefaktor van 125 ml. aangehouden (Krzywicki e.a. 1967). Muller (1972) houdt 259 ml. aan.

Vergelijking van de verschillende resultaten wordt door deze grote verschillen nog moeilijker.

- Waterververplaatsing (Garn e.a. 1963, Krzywicki e.a. 1967, Nagamine e.a. 1964). Een simpele methode waarbij de verplaatste hoeveelheid water vrij nauwkeurig bepaald kan worden. Ook hier is een korrektiefaktor nodig zowel voor Residuvolume als gastro-intestinale gassen.

- He-verdunning (Forbes 1962, Haak et al 1968, Siri 1956). In een afgesloten ruimte (plexiglas) kan het volume van de proefpersoon direkt bepaald worden. Alleen voor gastro-intestinale gassen is een korrektiefaktor nodig. De technische moeilijkheden zijn echter groot, waardoor deze methode de laatste jaren niet zoveel wordt toegepast.

Mit de resultaten van volume en gewicht kan nu de densiteit (D) en de vetmassa berekend worden:

$$\begin{array}{ll} \text{V.M.} = y \text{ kg.} & \text{Densiteit} \quad \text{V.M.} = \beta \\ \text{V.V.M.} = x \text{ kg.} & \quad \quad \quad \text{V.V.M.} = \alpha \\ G. = \text{gewicht} & \end{array}$$

$$G = y + x \quad (1)$$

Dan kan gesteld worden dat y als komponent van het lichaamsgewicht is:

$$y = \left[ \frac{1}{D} \cdot \frac{\alpha\beta}{(\alpha-\beta)} - \frac{\beta}{\alpha-\beta} \right] \cdot G \quad (2)$$

Brožek (1963) stelde aan de hand van verg. (2) de volgende formule op:

$$7 \text{ V.M.} = \frac{4,570}{D} - 4,142 \quad (3)$$

Ondanks het vele onderzoek op dit gebied zijn er een aantal onzekere factoren die invloed hebben op de resultaten.

- Zijn de toegepaste waarden voor de densiteiten voor V.M. en V.V.M. altijd juist?

Keys en Brožek (1953) beschrijven de fouten die gemaakt kunnen worden als oedemen optreden. Forbes (1962) en anderen stellen dat de densiteit van de V.V.M. verandert met de leeftijd, bijvoorbeeld de verlaging van de densiteit van de skeletmassa op oudere leeftijd ten gevolge van osteoporose.

- Downing e.a. (1972) tonen een verandering in het lipidenpatroon van de subcutane vetmassa aan bij lage calorische intake. Dat door deze veranderingen de densiteit van de vetmassa kan veranderen spreekt voor zich.

- Gastro-intestinale gassen zijn tot nu toe niet exact te meten.

Ondanks deze onzekerheden moet men toch stellen dat de densitometrie op dit moment een zeer waardevolle bijdrage levert voor het meten van de lichaamssamenstelling.

## 1-2-6. Verdunningsmethoden

## A. Bepaling van de vetmassa

Door vetoplosbare verdunningsmiddelen

## B. Bepaling van de vetvrije massa

Door wateroplosbare verdunningsmiddelen

Aan welke eigenschappen moeten deze indikatorstoffen voldoen.

- Geen schadelijke werking voor de proefpersoon;
- Gelijmatige en snelle verdeling over de bedoelde lichaamskompartimenten na toediening (oraal, intraveneus);
- Inert voor het metabolisme;
- Gemakkelijk op te sporen en te kwantificeren in bloed en/of urine.

Ad A.: Voor dit doel is o.a. door Behnke (1935, 1945) stikstofgas gebruikt. Ook cyclopropan blijkt hiervoor geschikt te zijn.

Toch zijn deze methodieken niet verder gekomen dan de experimentele fase door de vele technische moeilijkheden.

Ad B.: Algemeen wordt aangenomen dat -bij volwassenen- de vetvrije massa ca. 73,2% water bevat. Men kan dus stellen:

$$\text{totale vetmassa} = \text{Gewicht} - \frac{\text{totale hoeveelheid lichaamwater}}{0,732} \quad (4)$$

Forbes (1962) vermeldt dat bij gewichtsafname van adipeuze personen het percentage water van de V.V.M. veranderde. Keys en Brožek (1953) schrijven hierover: "This value (% water) is not independent of the fatness of the body and larger deviations would be expected in emaciated and in obese men". Zeer uitgebreide studies zijn hierover gemaakt door Moore e.a. (1963A+B). Met behulp van het isotoop  $^{42}\text{K}$  stelden zij een nomogram op over de relaties tussen de waterfase en vetvrije vaste fase (figuur 1).

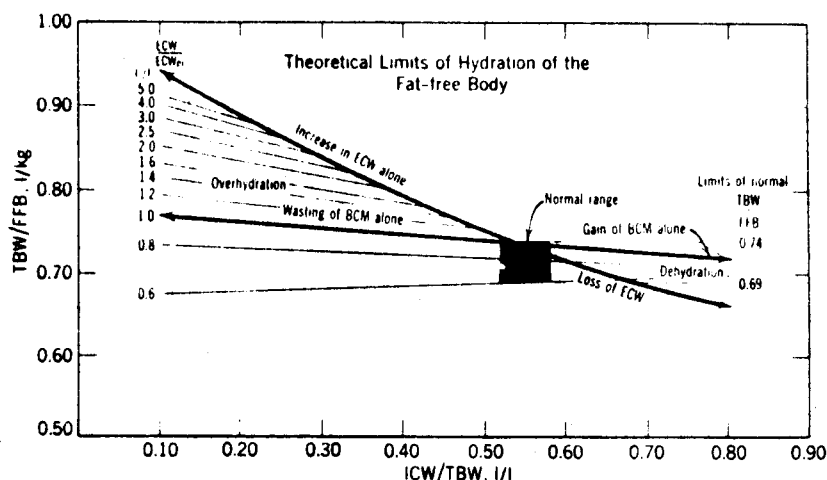


Fig. 1. Moore e.a. (1963); T.B.W.-total body water, B.C.M.-body cellmass, I.C.W.-Intracellular water, F.F.B.-Fat Free Body, E.C.W.-Extracellular water, E.C.W.<sub>reg</sub>-Extracellular water berekend op regressie vers. voor ziekte.

Met behulp van deze methodiek komen zij tot de definiëring van het begrip "Body cellmass" (B.C.M.) als "chemically homogeneous mass of tissue in the body that contains all the cellular elements concerned with respiration, physical and chemical work and mitotic activity".

Het omvat ca. 35-45% van het lichaamsgewicht bij mannen en ca. 30-40% bij vrouwen.

De B.C.M. komt dus duidelijk niet overeen met de V.V.M. Het collageen bindweefsel, bijvoorbeeld, behoort niet tot de metabolisch actieve cellen en derhalve niet tot de B.C.M., maar is wel een onderdeel van de V.V.M. Omdat kalium voor 98% een intracellulair element is kan gesteld worden dat er lineariteit bestaat tussen de concentratie aan kalium en de B.C.M.

$$B.C.M. (g) = K_e \times A \quad (5)$$

$K_e$  is het totale uitwisselbare K door  $^{42}K$ ;  $A$  = coefficient, ca. 8,33.

De B.C.M. is een zeer belangrijke parameter bij studies over energie-opname en -afgifte (zie verder).

Naast de bepaling van B.C.M. is het ook mogelijk met andere isotopen zoals  $^2H$  (Deuterium) of  $^3H$  (Tritium) de T.B.W. (Totaal lichaamswater) te bepalen.

Na orale of intraveneuse toediening van de isotopenopl. kan, nadat het evenwicht zich ingesteld heeft, een bloedmonster en/of urinemonster afgenomen worden waarin de isotoonverduunning bepaald kan worden.

Het gaat hier dus om de totale hoeveelheid water, dus zowel intracellulair als extracellulair. Naast deze isotopen kan ook antipyrine (1,5 dimethyl-2-fenyl-3-pyrazolone) als chemische stof gebruikt worden. Het is vrijwel niet toxisch en heeft een zeer lange turn-over. Met behulp van de moderne massaspectrometrie is de verdunningsgraad van de isotopen zeer nauwkeurig te bepalen. Onzekerheden treden ook hier weer op door het maken van een aantal hypotheses die alleen door karkasanalyse te verifiëren zijn.

#### 1-2-7. Radiologische methoden

##### A. $^{40}K$ -bepaling met behulp van whole body counter

De laatste jaren zijn zeer gevoelige scintillatoren ontwikkeld waardoor het mogelijk geworden is in ruimten met lage "background" zeer kleine hoeveelheden radioactiviteit te bepalen. In het natuurlijke stabiele kalium komt slechts 0,019%  $^{40}K$  voor. Het is nl. een mengsel van drie isotopen  $^{39}K$ ,  $^{40}K$  en  $^{41}K$ , welke in een vaste verhouding voorkomen.

$^{40}K$  is radioactief met een halfwaarde tijd van  $1,27 \times 10^9$  jaar en zendt bij verval een straling uit van 1,46 MeV.

Door de hoeveelheid gedetecteerde gamma's per tijdseenheid te bepalen is het mogelijk de totale hoeveelheid kalium in het lichaam na correctie voor verstrooiing en geometrie van de proefopstelling te bepalen. Via karkasanalyse is bekend dat de vetmassa vrijwel kaliumvrij is zodat de totale hoeveelheid kalium gekoncentreerd is in de V.V.M. Anderson e.a. (1950) beschreven als eerste de lichaamssamenstelling met behulp van de  $^{40}K$ -methode. Forbes e.a. (1961, 1963) kwamen tot de volgende vergelijking:

$$V.V.M. = \frac{\text{totale hoeveelheid kalium (meq)}}{68,1} \quad (6)$$

Men veronderstelt hierbij dat het kaliumgehalte van de V.V.M. konstant is.

Roessler e.a. (1967) vergelijken de  $^{40}\text{K}$ -methode met de creatinine-index (zie verder) als maat voor de V.V.M. en komen daarbij tot een korrelatie van  $r = 0,58$ . Een antropometrische benadering van de V.V.M. d.m.v. gewicht, 2 omtreksmaten, 2 huidplooiën en de armlengte gaf een veel betere korrelatie van  $r = 0,89$ . "This study has shown that when the total body counter  $^{40}\text{K}$ -method is compared statistically with the antropometric method, there is no difference between the results obtained." (Roessler e.a. 1967).

#### Betrouwbaarheid:

Barber e.a. (1963) geven bij hun berekeningen reeds aan dat de veronderstelling dat het kaliumgehalte konstant zou zijn een zeer onzekere zaak is, en dat de variatie hiervan tot foute berekeningen betreffende de V.V.M. kan leiden.

#### B. In Vivo aktiverings analyse (I.V.A.A.)

In 1964 publiceerde Andersen en medewerkers de eerste toepassing van I.V.A.A. Het principe van I.V.A.A. berust op het gelijktijdig meten van een groot aantal chemische elementen in het lichaam.

Door de proefpersoon gedurende korte tijd (2 min.) bloot te stellen aan een neutronenbron zal in het lichaam als gevolg van enkele fysische processen een zgn. thermisch neutronenveld ontstaan. Dit veld aktiveert nu een groot aantal elementen waaronder een emissie van gammastraling plaatsvindt.

Wanneer deze straling voldoende energie bevat dan is dit te meten met behulp van de eerder genoemde whole body counter. Aangezien de straling specifiek is voor elk element is het mogelijk de hoeveelheden van de verschillende elementen in het lichaam op ca. 10% nauwkeurig te bepalen met een reproduceerbaarheid die beter is dan 2%. Op dit moment zijn er nog weinig publikaties op dit gebied verschenen, gezien de organisatie en kapitaal dat nodig is om I.V.A.A. te doen.

Ackers (1972) geeft een goed overzicht over de stand van zaken op dit moment.

#### 1-2-8. Diskussie

Bij de bespreking van de belangrijkste methoden die men in de literatuur tegenkomt is het duidelijk geworden dat voor het krijgen van resultaten een of meerdere veronderstellingen nodig zijn:

- V.V.M. heeft een konstante hydreringsfaktor van 73,2%
- V.V.M. heeft een konstante densiteit
- V.M. heeft een konstante densiteit
- V.V.M. bevat een konstant kaliumgehalte van 68,1 meq/kg. V.V.M.

Exakt betrouwbare bepalingen van twee componenten zijn dan ook niet te verwachten.

Om deze tekortkomingen op te heffen zijn de laatste jaren veel onderzoekers bezig geweest verschillende methodes naast elkaar te gebruiken om zodoende een duidelijker beeld te krijgen. In de volgende paragrafen zal hier verder op ingegaan worden.

### 1-2-9. Anthropometrische benaderingswijze

De meest gebruikte methode voor de schatting van het percentage lichaamsvet is de huidplooiemeting. Dit is een logische zaak als men bedenkt dat het een gemakkelijk hanteerbare methode is die niet alleen in een laboratorium maar ook in het veld gebruikt kan worden. Ook financieel gezien is de huidplooiemeter aantrekkelijker dan andere meetmethodes die gericht zijn op de lichaamssamenstelling.

Seltzer e.a. (1965) zeggen hierover: "Caliper determination of skinfold thickness offered the greatest promise in terms of a basis of definition and of practical applications".

De aangeboden literatuur hierover is dan ook niet meer te overzien. Getracht zal worden enkele belangrijke punten te behandelen.

Een groot gedeelte van de totale vetmassa is aanwezig in de tela subcutanea. Voor jonge mensen is dit ca. 50% (Sloan, 1967). Op oudere leeftijd blijkt dit percentage te dalen (Keys en Brožek, 1953). Hiermee is meteen de eerste beperking van de huidplooiemeting genoemd. De verdeling van de totale vetmassa over het subcutane en centrale vet is niet konstant.

Regressievergelijkingen op grond van de huidplooien zijn dus alleen per leeftijdsgroep te berekenen. De moderne huidplooiemeters zoals Harpenden, Holtain, Best, Lange, M.N.L. zijn alle gestandaardiseerd wat betreft de bakkendruk en wel  $10\text{g/cm}^2$ . Wat betreft het meetvlak zijn er geen internationale afspraken.

Volgens Tanner (1952) heeft een groot meetvlak het voordeel minder gevoelig te zijn voor verschillen in het opnemen van de huidplooi. Deze verschillen zijn nogal groot, zowel tussen de metingen van verschillende onderzoekers als tussen de metingen van dezelfde onderzoeker. Edwards e.a. (1955) vonden bij een huidplooidikte van 7 mm een "intra-observer" fout van 0,3 - 0,6 mm en een inter-observer fout van 0,4 - 1,3 mm.

Ook de verschillen tussen de diverse huidplooiemeters zijn vaak groot (Edwards e.a. 1955, Pařízková e.a. 1970, Sloan 1972).

Welke plaatsen zijn geschikt voor meting?

De verdeling van de subcutane vetmassa is niet gelijkmatig (Garn 1957). Verscheidene plaatsen blijken gevoelige "opslagdepots" te zijn. Deze zijn als zodanig geschikt voor meting om een indruk te krijgen van de relatieve verdeling van het subcutane vet.

Martin beschreef reeds in 1928 de abdominale huidplooi als "the most sensitive indicator of man's fatness" (Nutritional status).

In de recente literatuur worden de volgende plooien vaak gemeten:

- A Wang;
- B Submentaal, tussen kin en hals;
- C Biceps, in het midden van acromion en olecranon;
- D Triceps, in het midden van het acromion en olecranon;
- E Subscapula, net onder de scapula punt;
- F Subcostalis, ter hoogte van de onderste rib in de mammillair lijn;
- G Abdomen, halverwege de navel en symfyse, ca. 2 cm. naast de linea alba;
- H Supra-iliaca, in de midaxillair lijn ter hoogte van de bovenrand van de crista iliaca;
- I Quadriceps, aan de voorkant van de dij net onder de gluteaal plooi;
- J Knie, de mediale kant van de knie.

Hiervan blijken vooral C, D, E, G en H goede meetpunten te zijn voor een schatting van het subcutane vet.

Het snel kunnen meten van deze plooien is waarschijnlijk de reden dat vaak alle plaatsen gemeten worden.

Gebreken is dat de extra informatie die verkregen wordt door meer huidplooien te meten niet opweegt tegen de moeite die gedaan moet worden (Garn e.a. 1971).

Integendeel, een groot aantal huidplooien geeft vaak een lagere korrelatie met andere methoden (densiteitsbepaling): Shephard e.a. (1969) tonen aan dat de korrelatiecoëfficiënt van de drie beste huidplooien  $r = -0,64$  hoger is dan die van de zes beste huidplooien  $r = -0,54$ . Tanner (Weiner) beveelt ook voor het International Biological Program (I.B.P.) de volgende drie huidplooien aan: Triceps

Subscapula

Supra-iliaca.

Seltzer en Mayer (1965) beschrijven een index voor obesity op grond van de tricepshuidplooï. Onder andere door Shephard e.a. (1969) wordt hieraan getwijfeld omdat de tricepshuidplooï niet toeneemt op oudere leeftijd, terwijl uit densiteitsbepalingen een duidelijke verhoging van het percentage vet te konstaten valt.

Voor het verklaren van de grote spreiding zijn ook een aantal eigenschappen van de huidplooï van belang:

- De dikte van de huid varieert afhankelijk van de plaats.
- De structuur van de subcutane vetlaag is niet konstant. Deze kan opgebouwd zijn uit een groot aantal cellen met kleine vetinhoud of een kleiner aantal cellen met een grote vetinhoud.
- De huidplooï is niet overal even gemakkelijk op te nemen ("pinchable").
- Statistisch gezien levert de huidplooi-frekwentie-verdeling nogal wat moeilijkheden op wegens het niet normaal verdeeld zijn ("skewness").

Ondanks deze restricties kan men stellen dat zij een redelijk betrouwbare indruk geven van de "leanness-fatness" zowel bij volwassenen als kinderen. Garn e.a. (1971) schrijven hierover: "It would appear that the fatfold measurements effectively perform their intended task".

Naast deze huidplooi-meting zijn er nog twee methoden om de dikte van de subcutane vetlaag te meten.

A. Met behulp van "weke" röntgenfoto's kan vrij exakt de dikte van de subcutane vetlaag gemeten worden. Garn (1956) vond hoge korrelaties ( $r = 0,88$ ) met de huidplooi-meting.

Nadelen zijn de hoge kosten en de bewerkelijkheid van deze methode.

B. Door meting van de echo van ultrasonische trillingen kan men de overgang spierlaag-vetlaag vaststellen. Booth e.a. 1966 vonden zeer hoge korrelaties ( $r = 0,98$ ) met de huidplooi-meter. Sloan (1967) komt tot lagere korrelaties t.o.v. een densiteitsbepaling dan d.m.v. een caliper ( $r = 0,861$ ). Deskundig en ervaren personeel is noodzakelijk om goed reproduceerbare waarden te krijgen.

Met behulp van huidplooi-metingen is men nu in staat, zij het met beperkingen, om de vetmassa te bepalen en hiermee direkt de V.V.M. Steinkamp e.a. (1965) geven een goed overzicht om op basis van anthropometrische gegevens een schatting van de V.V.M. te maken. Een multiple regressievergelijking van vijf lichaamsmaten, gewicht, heup- en hoofdomtrek, tricepshuidplooï en de armlengte korreleert bijzonder goed met de vetmassa ( $r = 0,96$ ).



Het aantal modellen ter berekening van de V.V.M. is dan ook de laatste jaren sterk toegenomen (Durnin e.a. 1967, Muller 1972, Pascale e.a. 1956, Sloan 1967, Wakat e.a. 1971, Wilmore e.a. 1969). Wilmore e.a. (1970) geven een overzicht van een groot aantal "best fitting models" en toetsten deze met behulp van een densiteitsbepaling bij een groep personen. De korrelaties variëren van  $r = 0,659$  tot  $r = 0,955$ . Von Döbeln (1959) stelde een exponentiële multiple regressievergelijking op aan de hand van enkele skeletmaten om zo tot een schatting van de V.V.M. te komen. Uitgaande van het gegeven dat het skelet ca. 20% van de V.V.M. uitmaakt komt hij tot een schatting van skeletmassa. Logisch zou zijn dat hiermede een relatie tussen skelet- en spiermassa te leggen zou zijn. Onderzoek hierover (Haak et al. 1968) toont dat deze relatie er nauwelijks is.

Een geheel nieuwe statistische methode introduceerden Behnke e.a. (1961 A en B) en Taylor en Behnke (1961). Zij schatten met behulp van een aantal skeletmaten de V.V.M. Ook proberen zij de variantie van het gewicht aan de hand van een aantal omtreksmaten te verklaren.

Zij werken verder met konstanten welke d.m.v. gemiddelden bepaald worden. De betreffende lichaamsmaat, gedeeld door zijn konstante wordt de D-waarde genoemd.

Deze D-waarden kunnen nu ingedeeld worden in de volgende drie categorieën:

- gespierdheid
- skeletgrootte
- gewicht .

Met deze indeling is de graad van "fatness" te bepalen. De wiskundige verwerking is dermate ingewikkeld dat het de toepassing van deze methode niet bevordert heeft. Behalve een evaluatie aan de hand van nieuwe gegevens door Wilmore en Behnke (1968) is er weinig literatuur over deze benadering beschikbaar.

Reeds in het voorafgaande zijn studies aangehaald waarin uit een combinatie van twee of meer methoden een schatting van de V.M. en V.V.M. gemaakt is. Naast deze zijn er vele anderen verschenen (Krzywicki e.a. 1967B, Miller e.a. 1952, Mykre e.a. 1966). Resultaten zijn meestal zodanig dat hiermee geen nieuwe, wezenlijke informatie verkregen wordt.

#### 1-2-10. Diskussie

Konkluderend kan men stellen dat aan de hand van de verschillende methodes een redelijke indruk gekregen kan worden van de vetmassa van het lichaam. Lamberts (1969) zegt hierover "Al met al kan men konkluderen dat het begrip body composition tot nu toe niet zozeer een samenspel van goed omschreven betrouwbare meetmethoden inhoudt, maar eerder een nieuwe denkwijze, welke nieuwe perspectieven opent voor de bestudering van de humane biologie". In de volgende paragraaf zal ingegaan worden op enkele belangrijke praktische toepassingsmogelijkheden waardoor een meer geïntegreerd beeld verkregen kan worden.

#### 1-2-11. Samenvatting.

Gezien de onduidelijkheid die bestaat ten aanzien van een aantal begrippen zoals normaal gewicht, overgewicht, ideaal gewicht, V.V.M. en V.M. worden deze aan de hand van enkele overzichten in de literatuur gedefinieerd. Vervolgens worden de verschillende methoden behandeld ter bepaling van de samenstelling van het lichaam.

De enige, direkte methode is die van de karkasanalyse. Deze is tot heden nog maar weinig toegepast. Al de indirecte methoden zijn op deze paar analyses gestandaardiseerd. De meest toegepaste indirecte methode is de densitometrie.

Het meest betrouwbaar kan dit geschieden d.m.v. onderwaterweging, omdat water- en luchtverplaatsing evenals He-verdunning technisch moeilijk uitvoerbaar zijn. Daarnaast is het mogelijk door verdunning van bepaalde lichaamscomponenten vooral met behulp van lichaamsisotopen de verhouding van de verschillende lichaamscomponenten te berekenen.

Van meer recentere datum is de  $^{40}\text{K}$  en in vivo aktiverings analyse. De  $^{40}\text{K}$ -methode berust op het meten van de natuurlijke radioactiviteit van het lichaam als maat voor de V.V.M. Bij de I.V.A.A. worden elementen d.m.v. een neutronenbron radioactief gemaakt, waarna deze elementen kwantitatief en kwalitatief bepaald kunnen worden.

Bij al deze indirecte methoden worden hypothesen aangenomen om uiteindelijk de V.V.M. en V.M. te berekenen.

Desondanks worden zij bij gebrek aan betere veel toegepast om een vergelijking te kunnen maken met de anthropometrische methode van huidplooiemeting welke tot nu toe de meest gebruikte methode is om een indruk te krijgen over de verhouding V.V.M. - V.M.

De huidplooiemeting zal steeds in combinatie met de eerder genoemde methoden gebruikt moeten worden om absolute getallen betreffende percentage vet te verkrijgen.

## 2. Energiestofwisseling, lichamelijke activiteit en lichaamssamenstelling.

Von Döbeln (1956) omschrijft deze relatie zeer duidelijk: "Fundamental physical question can be treated only against an adequate anatomical background".

Zijn studies over de relaties tussen lichaamssamenstelling en energiestofwisseling zijn van grote betekenis geweest voor de verdere ontwikkeling op dit gebied. Uitgaande van een dimensie-analyse kwam hij tot de konklusie dat bij gebruik van de V.V.M. als referentiegegeven de energiestofwisseling hieraan exponentieel gerelateerd is.

$$E = 10,71 \quad (7)$$

Dit blijkt voor beide geslachten te gelden.

Ook toonde hij aan dat eenzelfde relatie bestaat tussen de aërobe capaciteit en de V.V.M. Ook door andere onderzoekers, o.a. Miller en Blyth (1952), zijn deze relaties duidelijk aangetoond ( $r = 0,92$ ). Tevens vonden zij een hoge korrelatie tussen V.V.M., via densitometrie gemeten, en kreatinine-exkretie bij volwassenen.

In de reeds eerder genoemde studies van Moore et al. (1963B) wordt de B.C.M. verdeeld in twee grote groepen van weefsels:

A. De minder aktieve parenchymatische weefsels zoals lever, hersenen, nieren enz. welke van belang zijn voor het basaal metabolisme

B. Aktief spierweefsel, dat verantwoordelijk is voor de activiteit.

De verdeling van het uitwisselbare kalium over beide componenten zal een goede indikatie zijn van de gezondheidstoestand in het algemeen.

Bekend is dat de kreatinine-exkretie een lineaire funktie is van de spiermassa (Miller e.a. 1952). Deze exkretie blijkt bijzonder konstant te zijn en wordt vaak gebruikt als controle voor het verzamelen van 24-uurs urine.

Moore (1963B) berekende nu de volgende verhouding

$$\frac{\text{Uitwisselbaar kalium (Ke) meq}}{\text{kreatinine-exkretie mg}} \quad (8)$$

Afwijking in deze verhouding is een indikator voor veranderingen in de verhoudingen tussen de twee eerdergenoemde componenten.

Van groot belang hierbij is de bestudering van het energieverbruik. Er zal een te verwachten relatie bestaan tussen energieverbruik en aktieve celmassa (B.C.M.). Allen e.a. (1956) onderzochten dit bij normale gezonde personen en vonden een goede korrelatie. Hiermee samenhangend zal zeer waardevolle informatie verkregen kunnen worden over the "fitness" van de persoon in kwestie.

De betekenis van de verandering in lichaamssamenstelling als gevolg van arbeid zijn vooral bestudeerd door Tanner (1952), Haak e.a. (1968) en Pařízková (1965 A en B).

Laatstgenoemde toonde aan dat verandering in lichaamssamenstelling een gevolg is van verandering in de energiebalans. Juist bij het begin van de pre-puberale groeispurt blijken kinderen bijzonder gevoelig te zijn voor deze veranderingen. Zowel de V.V.M. als de V.M. namen af bij een groep jongens die meededen aan een trainingsprogramma. Bij oudere kinderen komen deze veranderingen minder sterk naar voren.

Zeer belangrijk hierbij is de studie die Grande (1968A) maakte over energie-stofwisseling en gewichtsafname. Uit een kritische bestudering van de literatuur bleek dat vele auteurs de energetische berekeningen.

verwaarlozen bij studies over gewichtsafname door vermagering. De diskrepantie in resultaten tussen energie-input en-output kunnen dan ook alleen maar een gevolg zijn van fouten in de bepalingen. Het evenwicht tussen energie-input en-output is van groot belang. De tegenwoordige levensstandaard in de Westerse wereld leidt tot een hogere input en een lagere output. Over de oplossing van dit probleem zijn de meningen nogal verdeeld. Bloom (1968) formuleert het kernachtig: "to fast or to exercise?".

### 3. Voeding en lichaamssamenstelling

Het bepalen van de samenstelling van het lichaam is voor het moderne voedingsonderzoek een belangrijke methode om tot een beter inzicht te komen over de relatie tussen beide parameters. Het is duidelijk dat bij een ondervoeding of overvoeding niet alleen de uitwendige morfologie, maar ook de onderlinge verhoudingen tussen de verschillende componenten van het lichaam veranderen. Bij de bestudering van deze veranderingen wordt veelal gebruik gemaakt van de eenvoudige anthropometrische methoden, omdat deze voedingsonderzoeken meestal plaats vinden bij grotere groepen mensen.

Brožek (1956) spreekt in dit verband over "Nutritional anthropometry". Toch wijst hij erop dat ook meer fundamentele methoden bij voedingsonderzoek zoals densitometrie,  $^{40}\text{K}$ -bepalingen enz. noodzakelijk zijn om een beter inzicht in de voedingsfysiologie te krijgen.

#### 3.1. Gewichtsafname als gevolg van vermageringsdiëten

Een van de belangrijke problemen in dit kader is de verandering van de samenstelling van het lichaam bij gewichtsafname of -toename.

Door de aktuele problematiek rond de overvoeding is hierover de laatste jaren erg veel gepubliceerd. Keys e.a. (1955) vonden bij een positieve kaloriebalans bij volwassenen na 6 maanden een duidelijke toename van vetweefsel. Ook bleek er een toename van de B.C.M. en E.C.W. te zijn. Men kan zich afvragen of deze toename van E.C.W. een tijdelijke kwestie is of dat hier sprake is van een chronische overhydratie van de weefsels bij overvoeding.

Bij de vele gewichtsafname-experimenten zijn de resultaten nogal verschillend en afhankelijk van de soort van vermageringsdieet.

Passmore e.a. (1959) vonden dat de gewichtsafname in 45 dagen voor 70-80% bestond uit vet, 4-8% uit eiwit en 10-20% water.

Benoit (1965) toonde daarentegen aan dat bij een vetrijk dieet (ketogeen) de gewichtsafname voornamelijk door vetmassa bepaald werd. Hoewel meer onderzoek nodig is om inzicht te krijgen in deze problematiek is het wel duidelijk dat de samenstelling van het weefsel dat men verliest bij gewichtsafname kan variëren onder verschillende voedingsregimes.

Een van de laatste ontwikkelingen op dit gebied is het trachten te voorspellen van de gewichtsafname aan de hand van formules. Antonetti (1973) komt hierbij tot opvallend goede resultaten maar geeft tevens aan dat een aantal hypothesen, zoals het konstant zijn van basaalmetabolisme en aktiviteitsniveau tijdens de gewichtsafname, niet juist zijn en verder onderzoek noodzakelijk is om deze als variabelen in de formule te verwerken.

#### 3.2. Aanbevolen hoeveelheden caloriciën en nutriënten.

Een andere belangrijke toepassing is die op het gebied van de bestudering van voedingsbehoeften en de daarop gebaseerde aanbevolen hoeveelheden van zowel caloriciën als nutriënten. Ten onrechte werden er op dit moment nog aanbevelingen gedaan zonder hierbij de samenstelling van het lichaam in acht te nemen.

Tot voor kort nam men aan dat het zuurstofverbruik per dag voor het basaalmetabolisme voor de vrouw lager lag dan voor de man.

Passmore (1966) en De Wijn (1968) berekenden het basaalmetabolisme per kg. vetvrije massa, en toonden hiermee aan dat de verschillen tussen man en vrouw die er schijnbaar bestonden, alleen een gevolg zijn van de relatief grotere vetmassa bij de vrouw.

In de toekomst zullen dan ook de standaarden voor voedingsbehoeften en de aanbevelingen die daaruit voortvloeien per groep of per individu herzien moeten worden om datgene te voorkomen wat De Wijn (1968) als volgt omschreef: "Indien wij doorgaan voor mannen van 70 kg. een voeding aan te bevelen van 2700 calorieën per dag, omdat dit de aanbeveling is voor de "standaard man" van 70 kg. bij een standaard activiteitenpatroon en ons niet bekommeren om het wel of niet standaard zijn van zijn vetmassa, dan zullen wij voortgaan dikke mannen te kreëren".

#### 4. Methoden van onderzoek naar lichaamssamenstelling die toegepast kunnen worden bij kinderen van 4-12 jaar in het kader van het G.V.O. projekt.

Bij de keuze van een methode of combinaties van methoden zal met de volgende voorwaarden rekening gehouden moeten worden.

##### 4.1. Individuele en groepsbelasting bij onderzoek naar de lichaamssamenstelling.

Aangezien het hier in feite gaat om een epidemiologisch onderzoek bij kinderen kan gesteld worden dat methoden waarbij tracerstoffen oraal, intraveneus of subcutaan toegediend moeten worden i.h.a. niet toegepast kunnen worden. Het betreft hier vooral methoden van verdunning en radiologie. Nagegaan zou moeten worden in hoeverre het werken met de röntgenografische methode mogelijk zou zijn zonder hierbij de maximale stralingsdosis te overschrijden.

Wel in aanmerking kunnen komen de  $^{40}\text{K}$ -meting en de onderwaterweging en waterverplaatsing. De vraag zal hierbij zijn of deze methoden in de leeftijdsgroep van 4-6 jaar toegepast kunnen worden, gezien de lange meettijd van  $^{40}\text{K}$  (40 min.) en de mogelijke watervrees.

Direkt toepasbaar is de anthropometrische methode omdat deze in het geheel geen belasting voor het kind betekent.

De verdunning of het meten van drukverschillen zouden als zodanig geschikt zijn in deze leeftijdsgroep. De vraag is alleen of deze methoden technisch uitvoerbaar zijn. Het uitblijven van resultaten in de literatuur bevestigt dit vermoeden.

##### 4.2. Reproduceerbaarheid en statistische verwerkbaarheid.

Bij alle methoden voor de bepaling van de lichaamssamenstelling is er sprake van een indirecte benadering.

Wat betreft de reproduceerbaarheid van de methodiek kan gesteld worden dat de  $^{40}\text{K}$ -methode en de onderwaterweging of waterverplaatsing vrij nauwkeurig zijn. Minder nauwkeurig zijn de röntgenografische en anthropometrische methoden. Bij de huidplooiemetingen is het zelfs noodzakelijk in duplo of triplo te meten om tot een redelijke nauwkeurigheid te komen. Voor de verwerking ervan is vooral belangrijk een zo klein mogelijk aantal gegevens te hebben. De  $^{40}\text{K}$ -methode, de onderwaterweging en de röntgenologische methode voldoen aan deze eis.

De anthropometrische methode zal relatief veel gegevens opleveren, die verwerkt moeten worden. Automatisering van de meetmethoden en van de gegevensopslag en -verwerking zal veel tijdswinst opleveren.

Dit geldt, zij het in mindere mate, ook voor de andere methoden.

##### 4.3. Plaats van onderzoek.

Gekozen is voor onderzoek op de scholen zelf. Dit houdt in dat de apparatuur transportabel moet zijn zonder dat hiervoor veel mankracht nodig is.

Het meest geschikt op dit punt is de anthropometrische methode. Daarnaast zou eventueel de onderwaterweging of waterverplaatsing mogelijk zijn, alhoewel hiervoor meer voorzieningen aanwezig moeten zijn zoals warm/koud water, afvoer, enz.

Eveneens zou de röntgenografische methode mogelijk zijn met behulp van een transportabele röntgeninstallatie.

#### 4.4. Onderzoekstijd.

De anthropometrische methode heeft een korte onderzoekstijd (5-10 min.) en is mede daardoor een van de meest gebruikte methoden in de literatuur. De verkregen resultaten kunnen dan ook uitgebreid vergeleken worden met literatuurgegevens, zowel Nederlandse als buitenlandse. Meer tijd kost de onderwaterweging of waterverplaatsing (ca. 20-30 min.) en de  $^{40}\text{K}$ -methode (40-50 min.). Over He-verdunning en drukverschilmetingen zijn geen onderzoekstijden bekend.

Moelijker is om de onderzoekstijd van de röntgenografische methode te bepalen omdat naast de tijd die nodig is om de opname te maken ook tijd gerekend moet worden voor ontwikkelen en beoordeling van de foto's.

#### 4.5. Financiën.

Bij het bepalen van de keuze van de methodieken zal naast de aanschafwaarde of huurwaarde van de apparatuur ook de kosten van het verwerken van de gegevens berekend moeten worden.

Gesteld kan worden dat de anthropometrische methode en de onderwaterweging of waterverplaatsing financieel gezien aantrekkelijker zijn dan de  $^{40}\text{K}$ -methode, gezien de hoge investeringen in apparatuur van laatstgenoemde methode. De röntgenografische methode zal naast de vrij hoge investeringen ook veel materiaalkosten hebben.

#### 4.6. Konklusies.

Voor een epidemiologisch onderzoek naar de lichaamssamenstelling en de veranderingen daarvan bij kinderen in de leeftijd van 4 t/m 12 jaar zal bij toepassing van een geautomatiseerde anthropometrische onderzoeksmethode goed voldaan worden aan de hierboven beschreven voorwaarden. Daarnaast is het wenselijk, in verband met vergelijkingen met andere onderzoeken, om de gevonden anthropometrische waarden te kunnen transformeren naar percentage lichaamsvet. Om dit te realiseren zou bij een subsample van kinderen, gezien de hoge kosten en langdurige onderzoekstijd, de  $^{40}\text{K}$ -methode en onderwaterweging of waterverplaatsing toegepast moeten worden.

Hiertoe zouden groepen naar leeftijd en geslacht samengesteld moeten worden, die statistisch voldoende groot zijn om zodoende regressieformules op te kunnen stellen, waarbij de relatie t.a.v. de hoeveelheid lichaamsvet tussen de anthropometrische methode, de  $^{40}\text{K}$ -methode en de onderwaterweging vastgelegd wordt.



## 5. Literatuur

- Ackers, J.G. In vivo aktiverings analyse. Intern Memo. R.C.N. 1972.
- Adipositas werkgroep. Verslag werkgroep Adipositas, Afd. Voeding, intern rapport, 1972.
- Allen, T.H., Peng, M.T., Chen, K.P., Huang, T.F., Chang, C., Fang, H.S. Prediction of total adiposity from skinfolds and the curvilinear relationship between external and internal adiposity. *Metabolism* 5: 346-352, 1956.
- Allen, T.M., Anderson, E.C., Langham, W.H. Total body potassium and gross body composition. *J. Gerontol.* 15: 348-357, 1960.
- Andersen, J., Osborn, S.B., Tomlinson, R.W.S. Neutron-activation analysis in man in vivo. *Lancet* 11: 1201, 1964.
- Anderson, E.C., Langham, W.H. Average potassium concentration of the human body as a function of age. *Science* 130: 713-714, 1959.
- Antonetti, V.W. The equations governing weight change in human beings. *Amer. J. clin. Nutr.* 26: 64, 1973.
- Barter, J., Forbes, G.B. Correlation of potassium 40 data with anthropometric measurements. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 110: 264-270, 1963.
- Behnke, A.R., Thomson, R.M., Shaw, L.A. Rate of elimination of dissolved nitrogen in man in relation to the fat and water content of the body. *Amer. J. Physiol.* 114: 137-146, 1935.
- Behnke, A.R. et al. The specific gravity of healthy men Body weight: volume as an index for obesity. *J. Amer. Med. Ass.* 118: 495-501, 1942.
- Behnke, A.R. Absorption and elimination of gasses of body in relation to its fat and water content. *Medicine* 24: 359-379, 1945.
- Behnke, A.R. Anthropometric fractionation of body weight. *J. Appl. Physiol.* 16: 949-954, 1961-A.
- Behnke, A.R. Quantitative assessment of body build. *J. Appl. Physiol.* 16: 960-968, 1961-B.
- Benoit, F.L. et al. Changes of body composition during weight reduction in obesity. *Ann. Intern. Med.* 63: 604, 1965.
- Bloom, W.L. To fast or exercise. *Amer. J. clin. Nutr.* 21: 1475, 1968.
- Booth, R.A.D., Goddard, B.A., Dalon, A. Measurement of fat thickness in man; a comparison of ultrasound, Harpenden calipers and electrical conductivity. *Brit. J. Nutr.* 20: 719-725, 1966.
- Bradfield, R.B. Symposium: Assessment of typical daily energy expenditure. *Amer. J. clin. Nutr.* 24: 1111-1192, 1405-1493, 1971.
- Brožek, J., Keys, A. The evaluation of leanness-fatness in man: norms and interrelationship. *Brit. J. Nutr.* 5: 194-206, 1951.
- Brožek, J. Body measurements and human nutrition. Wayne University Press, Detroit, 1956.
- Brožek, J., Grande, F., Anderson, J.T., Keys, A. Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumption. *Ann. N.Y. Acad. Sc.* 110: 137, 1963.
- Brožek, J. Human body composition. Approaches and applications. Pergamon press, London, 1965.
- Burt, C. Factor analysis and physical types. *Nature* 152: 75, 1943.
- Consolazio, C.E., Matoush, L.O., Johnson, H.L., Nelson, R.A., Krzywicki, A.J. Metabolic aspect of acute starvation in normal humans (10 days). *Amer. J. clin. Nutr.* 20: 672, 1967.

- Damon, A., Bleibtreu, H.U., Elliot, O., Giles, E. Predicting somatotype from body measurements. *Amer. J. Phys. anthrop.* 20: 461-473, 1962.
- Downing, D.T., Strauss, J.S. Changes in skin surface lipid composition induced by severe caloric restriction in man. *Amer. J. clin. Nutr.* 25: 365-367, 1972.
- Döbeln, W. von. Human standard and maximal metabolic rate in relation to fatfree body mass. *Acta Phys. Scand.* 37: suppl. 126, 1956.
- Döbeln, W. von. Anthropometric determination of fat-free body weight. *Acta Med. Scand.* 165: 37-40, 1959.
- Durnin, J.V.G.A., Rahaman, M.M. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfolds thickness. *Brit. J. Nutr.* 21: 681-689, 1967.
- Edwards, D.A.W., Hammond, W.R., Healy, M.J.R., Tanner, J.M., Whitehouse, R.H. Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness. *Brit. J. Nutr.* 9: 133-145, 1955.
- Forbes, G.B., Hursh, J.B., Gallup, J. Estimation of total body fat from potassium - 40 content. *Science* 133: 101-102, 1961.
- Forbes, G.B. Methods for determining composition of the human body. *Pediatrics* 29: 477-494, 1962.
- Forbes, G.B., Hursch, J.B. Age and sex trends in lean body mass calculated from <sup>40</sup>K measurements with a note on the theoretical basis for the procedure. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 110: 255-263, 1963.
- Forbes, G.B., Amirhakimi, C.H. Skinfold thickness and body fat in children (8-18 yr.). *Human Biology* 42: 401-412, 1970.
- Garn, S.M. Comparison of pinch-caliper and x-ray measurement of skin plus subcutaneous fat. *Science* 124: 178-179, 1956.
- Garn, S.M. Selection of body sites for fat measurements. *Science* 125: 550-551, 1957.
- Garn, S.M., Nolan, P. A tank to measure body volume by water displacement. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 110: 91, 1963.
- Garn, S.M., Rosen, N.N., McCann, M.R. Relative values of different fat folds in a nutritional survey. *Amer. J. clin. Nutr.* 24: 1380-1381, 1971.
- Gnaedinger, R.W., Reineke, L.P., Pearson, A.M., Huss, W.D. van, Wessel, J.A., Montoye, H.J. Determination of body density by air displacement, helium dilution and underwater weighing. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 110: 96-109, 1963.
- Grande, F. Energetics and weight reduction. *Amer. J. clin. Nutr.* 21: 305-314, 1968-A.
- Grande, F. Energy balance and body composition changes. A critical study of three recent publications. *Ann. Internal Med.* 63: 467, 1968-B.
- G.V.O.-Projekt. Ontwikkeling en onderzoek naar het effect van programma's voor geïntegreerde gezondheidsvoorlichting en -opvoeding in kleuter- en basisonderwijs. *Prev. en Soc. Tandheelkunde K.U., Nijmegen*, 1972.
- Haak, A., Steendyk, P., Vijn, J.F. de, De samenstelling van het menselijk lichaam (verslag Boerhave cursus) Assen, 1968.
- Hamel, G.L., Mitchell, M.L., Welland, P.G., Kruger, F.A., Schachner, S.S. Sodium and potassium metabolism during starvation. *Amer. J. clin. Nutr.* 20: 207, 1967.
- Hooton, E.A. Changes in measurements and in morphological characteristics of 10,000 Irish men. *Amer. Acad. Orthop. Surg. Instruct. Course Lect.* 3: 152-157, 1951.
- Katch, F.I., Mical, E.D. Prediction of body density from skinfolds and girth of college females. *J. Appl. Physiol.* 25: 92-94, 1968.

- Keys, A., Brožek, J. Body fat in adult man. *Physiol. Rev.* 33: 245-325, 1953.
- Krzywicki, H.J., Chinn, K.S.K. Human body density and fat of an adult male population as measured by water displacement. *Amer. J. clin. Nutr.* 20: 305-310, 1967-A.
- Krzywicki, H. Chinn, K.S.K. Body composition of a military population Fort Carson 1963, I. Body Density, Fat,  $^{40}\text{K}$ . *Amer. J. clin. Nutr.* 20: 708-715, 1967-B.
- Lamberts, H. Een profiel van gewone en geestelijk niet stabiele dienst-plichtigen. Dissertatie. Uitg. Bronder, Rotterdam, 1969.
- Lawley, Maxwell. Factor analyses as a statistical method. Butterworth & Co. Ltd. Londen, 1963.
- Lindgaard, B. Variations in human body-build; somatometric and X-ray cephalometric investigation on skandinavian adults. *Acta Psychiat. Neurol. Scand.*, Suppl. 86, 1-163, 1953.
- Martin, R. *Lehrbuch der Anthropologie in Systematischer Darstellung*. Jena: Fischer, 1929.
- Michael, E.D. jr., Katch, F.I. Prediction of body density from skin-fold and girth measurements of 17-year-old boys. *J. Appl. Physiol.* 25: 747-750, 1968.
- Miller, A.T. jr., Blyth, C.S. Estimation of L.B.M. and bodyfat from basal oxygen consumption and creatinine excretion. *J. Appl. Physiol.* 5: 73, 1952.
- Moore, F.D., Boyden, C.M. Body cell mass and limits of hydration of the fat-free body: their relation to estimated skeletal weight. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 110: 62-71, 1963.
- Moore, F.D., et al. The body cell mass and its supporting environment. W.B. Saunders Co. Philadelphia, PA, 1963.
- Morrison, D.P. *Multivariate statistical methods*. McGraw-Hill Book Company, 1967.
- Muller, H.K. Een oriënterend somatometrisch en densitometrisch onderzoek. Dissertatie. Uitg. Kok, Kampen, 1972.
- Nylere, L.G., Kessler, W.V. Body density and  $^{40}\text{K}$  measurements of body composition as related to age. *J. Appl. Physiol.* 21: 1251-1255, 1966.
- Nagamine, D. Suzuki. Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biology* 36: 8, 1964.
- Pařizková, J. Age trends in fat in normal and obese children. *J. Appl. Physiol.* 16: 173-174, 1961.
- Pařizková, J., Staňková, L. et al. Influence de l'exercice physique sur certains index métaboliques chez les garçons obèses après l'effort. *Nutritio et Dieta* 7: 21-27, 1965-A.
- Pařizková, J. Physical activity and body composition. Human body composition p. 161-176. Brožek, J., editor; Pergamon press, London 1965-B.
- Pařizková, J., Goldstein, H. A comparison of skinfold measurements using the Best and Harpenden calipers. *Human Biology* 42: 436-441, 1970.
- Parnell, R.W. Some notes on physique and athletic training with special reference to heart size. *Brit. Med. J.* 1292-1295, 1951.
- Parnell, R.W. Physique and performance. *Brit. Med. J.* 491-496, 1954.
- Parnell, R.W. Symplified somatotypes. *J. Psychosom. Res.* 8: 311-315, 1964.
- Pascale, L.R., Crossman, M.I., Sloane, H.S., Frankel, T. Correlations between thickness of skinfolds and body density in 88 soldiers. *Human Biol.* 28: 165-176, 1956.

- Passmore, T., Strong, J.A., Ritchie, F.J. The chemical composition of the tissue lost by obese patient on a reducing regimen. *Brit. J. Nutr.* 12: 113, 1958.
- Passmore, R. Caloric expenditure in man. *Nutritio et Dieta* 8: 161, 1966.
- Roessler, G.S., Dunavant, B.G. Comparative evaluation of a whole body counter potassium - 40 method for measuring lean body mass. *Amer. J. clin. Nutr.* 20: 1171-1178, 1967.
- Seltzer, C.C., Callager, J.R. Body disproportions and personality ratings in a group of adolescent males. *Growth* 23: 1-11, 1959.
- Seltzer, C.C., Mayer, J. A simple criterion of obesity. *Postgrad. Med. A*: 101-106, 1965.
- Seltzer, C.C. Some revaluation of the build and blood pressure study as related to ponderal index somatotype and mortality. *New Eng. J. Med.* 274: 254-259, 1966.
- Sheldon, W.H., Dupertuis, C.W., Dermott, E.M. *Atlas of men*. New York 1954.
- Shephard, R.J., Jones, G., Ishi, K., Kaneko, M., Olbrecht, A.J. Factors affecting body density and thickness of subcutaneous fat. *Amer. J. clin. Nutr.* 22: 1175-1189, 1969.
- Siri, W.E. The gross composition of the body. *Adv. Biol. Med. Physiol.* 4: 239-280, 1956.
- Siri, W.E. Body composition from fluid spaces and density; Analysis of methods. *Techniques for measuring body comp.* J. Brožek and A. Henzel, editors. *Natl. Acad. Sci.-Natl. Res. council* 223-244, 1961.
- Sloan, A.W. Estimation of body fat in young men. *J. Appl. Physiol.* 23: 311-315, 1967.
- Sloan, A.W., Burt, J.J., Blyth, C.S. Estimation of body fat in young women. *J. Appl. Physiol.* 16: 967-970, 1962.
- Sloan, A.W., Weir, J.B. de V. Nomograms of prediction of body density and total body fat from skinfold measurements. *J. Appl. Physiol* 28: 221-222, 1970.
- Sloan, A.W., Shapiro, M. A comparison of skinfold measurement with three standard calipers. *Human Biology* 44: 29-36, 1972.
- Steinkamp, R.C., Cohen, M.L., Gaffey, W.R., McKey, T., Bron, G., Siri, W.H., Sargent, T.W.I. Measures of body fat and related factors in normal adults. *J. Chron. Dis.* 18: 1279-1307, 1965.
- Tammeling, G.J. Standard values for lung volumes and ventilatory capacity of sanatorium patients. *Selected papers*, ed. The Royal Neth. Tuberculosis Ass. Den Haag 1961.
- Tanner, J.M. The effect of weight training on physique. *Amer. J. Phys. Anthropol.* 10: 427-461, 1952.
- Taylor, W.L., Behnke, A.R. Anthropometric comparison of muscular and obese men. *J. Appl. Physiol.* 16: 955-959, 1961.
- Thurstone, L.L. Factor analysis of body measurements. *Amer. J. Phys. Antrop.* 5: 15-28, 1947.
- Wakat, D.K., Johnson, R.E., Krzywicki, H.J., Gerber, L.I. Correlation between body volume and body mass in men. *Amer. J. clin. Nutr.* 24: 1308-1312, 1971.
- Weiner, J.S. *Handbook of agreed methodology*. In voorbereiding. Blackwell scientific Publications, Oxford and Edinburgh.
- Williams, R.I. *Amer. Sci.* 46: 1, 1953.
- Wilmore, J.H., Behnke, A.R. Predictability of lean body weight through antropometric assessment in college men. *J. Appl. Physiol.* 25: 340-355, 1968.

- Wilmore, J.A. A simplified method for determination of residual lung volumes. J. Appl. Physiol. 27: 96-100, 1969.
- Wilmore, J.H., Behnke, A.R. An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young men. J. Appl. Physiol. 27: 25-31, 1969.
- Wilmore, J.H., Behnke, A.R. An anthropometric estimation of body density and lean weight in young women. Amer. J. clin. Nutr. 23: 267-274, 1970.
- Wilmore, J.H., Girandola, R.N., Moody, D.L. Validity of skinfold and girth assessment for predicting alterations in body composition. J. Appl. Physiol. 29: 313-317, 1970.
- Wijn, F. De. De betekenis van kennis omtrent de lichaamssamenstelling voor de klinische en fundamentele voedingsleer. De samenstelling van het menselijk lichaam, Haak, A. et al., Assen 1968.

**VAKGROEP HUMANE VOEDING**  
**BIOTECHNION**

De Dreijen 12  
6703 BC Wageningen

doc. Kamer 310